Münster i/W. 1934. N 264 Med Diss.

Aus der Frauenklinik der Universität Münster (Westf.)
(Direktor: Professor Dr. P. Esch)

Der Einfluß der Röntgenstrahlen auf den Kalkgehalt im Blut und im Gewebe

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der hohen medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms - Universität zu Münster (Westfalen)

vorgelegt von
Otto Wiederhold
aus Bochum-Gerthe

1934
Druck: Heinr. Pöppinghaus, o. H. G., Bochum-Langendreer.

Dekan: Prof. Dr. P. Esch.
Referent: Privatdozent Dr. Karl Adler.
Korreferent: Professor Dr. P. Esch.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Der Einfluß der Röntgenstrahlen auf den Kalkgehalt im Blut und im Gewebe.

Bisweilen treten nach Röntgenbestrahlungen unangenehme Nebenwirkungen wie Übelkeit, Nahrungsverweigerung, Abgeschlagenheit, Erbrechen etc. auf. Diese Erscheinungen sind von Gauss unter dem Namen „Röntgenkater" zusammengefaßt worden. In letzter Zeit sind nun eine Reihe von Arbeiten erschienen, die sich mit der Blutanalyse nach Röntgenbestrahlungen befassen. Man glaubte nämlich die Erscheinungen des sog. „Röntgenkaters" mit gewissen Veränderungen im Blutchemismus in Zusammenhang bringen zu können. Dabei hat der Mineralstoffwechsel eine besondere Rolle gespielt. Die Untersuchungen, die darüber angestellt worden sind, haben aber, wie die unten angeführten Arbeiten beweisen, noch sehr verschiedenartige Resultate gezeigt. Somit soll durch unsere Versuche festgestellt werden, in welcher Weise der Kalkgehalt im Blut und in der Haut durch Röntgenstrahlen beeinflußt wird.

Kohlmann und Andersen (1) beobachteten bei zwei Patienten, die längere Zeit gleichmäßig ernährt worden waren, unmittelbar nach Röntgenbestrahlungen einen Anstieg des Kalkgehaltes im Blutserum, der dann nach 24 Stunden wieder zur Norm zurückkehrte. Die Werte stiegen von 8,4 mg% vor der Bestrahlung auf 9 mg% sofort nach der Bestrahlung (d. h. um 0,6 mg% gegenüber dem Ausgangswert), während bei dem zweiten Patienten ein Anstieg von 10,8 mg% vor der Bestrahlung auf 11,6 mg% sofort nach der Bestrahlung (d. h. um 0,8 mg% gegenüber dem Ausgangswert) zu beobachten war. Bei jungen bestrahlten Kaninchen stellten Kohlmann und Andersen lediglich eine lebhaftere Peristaltik fest, die sie durch intravenöse Calcium-Chloratinjektionen günstig beeinflussen konnten, so daß sie dieses Mittel als wirksames Therapeuticum gegen den Röntgenkater empfahlen. Diese Untersuchungen stehen im Gegensatz zu den Ergebnissen von Holzknecht, Schlagintweit und Sielmann (6), die nicht durch Calcium-Chloratinjektionen eine Besserung der Beschwerden nach Röntgenbestrahlungen beobachteten, sondern gute Erfolge durch Kochsalz-

zufuhr erzielten. Gleichzeitig stellten diese Autoren eine Kochsalzverarmung des Organismus durch Röntgenbestrahlungen fest.

Weitere Versuche wurden von Enrico Benassi (2) ausgeführt, der die Blutwerte des Calciums an zwei Serien bestrahlter Kaninchen untersuchte. Die Dosis betrug bei der ersten Serie je 600 R pro Feld, während die zweite Serie von fünf Tieren unter denselben Bedingungen nur mit 50 R pro Feld gehalten wurde. Er untersuchte den Kalkgehalt des Blutes in Abständen von 6, 24 und 48 Stunden. Die erste Serie zeigte nach den Angaben von Benassi einen Anstieg des Kalkwertes, der 6 Stunden nach der Bestrahlung kaum merklich, nach 24 Stunden erhöht und nach 72 Stunden seinen Höchstwert erreichte, um dann nach 2—4 Wochen wieder zur Norm zurückzukehren. Auch Benassi führt diesen Anstieg im Blute auf einen Kalkverlust des Organismus zurück.

Im Gegensatz zu diesen beiden Autoren fand nun Kroetz (3 u. 4) in seinen Arbeiten eine Senkung des Kalkgehaltes des Blutes. Er beobachtete bei zwei Patienten nach einer Röntgen- und Ultraviolettbestrahlung Senkungen im Maximum um 0,90 mg% und im Minimum um 0,25 mg%. Außerdem bestrahlte Kroetz Kaninchen und Hunde. Die Hunde reagierten mit einer Senkung von 9,7 mg% vor der Bestrahlung auf 8,9 mg% zwei Stunden nach der Bestrahlung und einem langsamen Wiederanstieg auf 9,1 mg% 23 Stunden nach der Bestrahlung. Bei dem zweiten Hund war eine Senkung von 9,3 mg% vor der Bestrahlung auf 9 mg% nach 45 Minuten und auf 8,6 mg% nach 26 Stunden zu bemerken.

Schließlich möchte ich noch eine Arbeit von Lieber (5) erwähnen, der an Gefrierschnitten die Änderungen der anorganischen Elemente in der Haut von bestrahlten weißen Ratten, Meerschweinchen und einem Hund mikroskopisch untersuchte. Er bestrahlte dabei die Tiere derart, daß zwar eine Epilation erfolgte, jedoch die Schädigung so gering war, daß ein Wiederwachsen der Haare gewährleistet war. Die ausgeschnittenen Hautstücke wurden nach der Methode von Maccallum derart behandelt, daß das Calcium in Calcium-sulfat, danach in Bleisulfat, — das in Wasser sehr schwer löslich ist — umgesetzt wird. Auf einem Objektträger wurde dann dieses Bleisulfat durch Hinzubringen eines Tropfens NH_4HS Clycerinmischung in unlösliches Bleisulfat übergeführt.

Lieber konnte so feststellen, daß vor der Bestrahlung eine netz- oder maschenartige Anordnung des Calciums vorhanden war, die die Haarbälge und besonders die Epidermis frei

ließ. Diese Lagerung des Calciums wurde durch die Röntgenstrahlen gestört. Es trat eine „Unordnung" ein und außerdem waren Verschiebungen des Kalkes in Richtung der Haarbälge und der Epidermis eingetreten. Als Erklärung für diese Abwanderung nimmt auch Lieber an, daß durch die Röntgenstrahlen eine Änderung der Durchlässigkeit der Zellmembran eintritt.

Wie aus der angeführten Literatur zu ersehen ist, widersprechen sich die Versuchsergebnisse der einzelnen Autoren. Während Kohlmann-Andersen und Benassi eine Steigerung des Kalkwertes durch Röntgenstrahlen feststellten, beobachtete Kroetz eine Abnahme des Kalkgehaltes im Blutserum.

Versuche.

Für unsere Versuche haben wir zunächst 5 Kaninchen mit einer Röntgendosis von 1000 R bestrahlt. Die Bestrahlungsbedingungen waren: 4 Mill. Amp., 75 K. V. Filter 2 mm. Al., Fokus 30 cm Abstand, Rückenhaut (mit Ausnahme des Kopfes) Dauer 58 Minuten. Der Calciumspiegel im Blute wurde zunächst 2 Tage vor der Bestrahlung und sofort nach der Bestrahlung untersucht. Später wurden die Calciumbestimmungen bei Tier I, II und III nach 12 Stunden, nach 2 und 4 Tagen, und bei Tier IV und V nach 24 Stunden, nach 3 und 5 Tagen angestellt, um somit eine fortlaufende Kontrolle der Änderung zu haben.

Die Bestimmungen des Calciumgehaltes wurden nach der Methode von Kramer und Tisdall*) vorgenommen, und zwar wurden immer Doppelbestimmungen angesetzt.

Methode: Zu jeder Bestimmung wurde 1 ccm Serum, welches sofort nach der Blutentnahme abzentrifugiert war, benutzt. Nach Verdünnung mit 2 ccm Aqua dest. wurde der Kalk mit 1 ccm einer gesättigten Ammoniumoxalatlösung ausgefällt. Nach einer Stunde wurde zentrifugiert, dann abgehebert. Darauf wurde 4 mal mit einer 2% Ammoniaklösung gewaschen und der Kalk in einer 20% Schwefelsäure gelöst. Der Rückstand wurde im Wasserbad erhitzt und dann mit einer 1/100 n Kaliumpermanganatlösung titriert, die vorher auf eine 1/100 n Natriumoxalatlösung eingestellt worden war.

Die Calciumwerte sind aus der Tabelle I a—c ersichtlich. Bei 4 Tieren ist eine Senkung des Kalkgehaltes sofort nach der

*) Pinkussen, Mikromethodik, Verlag Georg Thieme, Leipzig 1930, S. 101.

Bestrahlung eingetreten. Die Senkung beträgt im Maximum 0,7 mg% und im Minimum 0,5 mg%. Das fünfte Tier zeigt dagegen eine Steigerung des Kalkgehaltes um 0,3 mg%.

Die Beobachtungen der weiteren Veränderungen während der nächsten fünf Tage ergeben, daß bei Tier I schon nach 12 Stunden der Normalwert des Kalkgehaltes im Blute wieder erreicht ist, um dann nach 2 Tagen eine Steigerung um 1,7 mg% zu zeigen, während nach 4 Tagen sich wieder eine Senkung des Kalkgehaltes feststellen läßt. Bei den anderen Tieren nähern sich die durch die Röntgenstrahlen gesenkten Werte erst allmählich wieder dem Ausgangswert. Anscheinend sucht bei allen Tieren der Organismus die ihm durch die Röntgenstrahlen zugefügte Schädigung wieder auszugleichen; die Erhöhung bei Kaninchen I wäre dann als Überkompensation zu deuten.

Kontrolle.

Es könnte nun der Einwand gemacht werden, daß durch die mehrmaligen Blutentnahmen eine Hydraemie stattfindet, wodurch ein Absinken des Ca Spiegels im Blute zu erklären sei. Deshalb haben wir die Kalkwerte auch bei unbestrahlten Tieren fortlaufend untersucht. Die sich bei diesen Tieren ergebenden geringen Schwankungen von 0,33 mg% im Maximum und 0,16 mg% im Minimum liegen wohl innerhalb der Fehlergrenze der Methodik. Auch die Trockensubstanzen zeigen bei diesen Versuchen geringe Abweichungen von 0,5% im Maximum und 0,2% im Minimum, die wohl innerhalb der Schwankungsbreite der Methode liegen. Es tritt also durch die Blutentnahmen keine Hydraemie ein (Tabelle IIa und b).

—0—0—0—0—0—

In einer zweiten Serie von Tieren wurden höhere Strahlendosen angewandt, um stärkere Ausschläge zu bekommen. Die Kaninchen wurden mit einer Dosis von 3000, 4000 und 5000 R bestrahlt, die von allen Tieren sehr gut vertragen wurde. In allen Fällen konnten wir nach derart hohen Bestrahlungen enorme Abnahmen des Calciums im Blute beobachten. Die mit 3000 R bestrahlten Tiere senkten den Kalkgehalt um 2,04 und 2,38 mg%, die mit 4000 R im Minimum um 2,0 und im Maximum um 4,60 mg% und die mit 5000 R bestrahlten Tiere verminderten ihren Kalkgehalt im Blute um 4,98 mg% im Maximum und um 1,35 mg% im Minimum (Tabelle III).

Wir haben nun auch bei diesen Tieren in einigen Fällen vor und nach der Bestrahlung die Trockensubstanz des Serums untersucht, um eine etwaige Vermehrung des Wassergehaltes als Fehlerquelle auszuschließen. Wie aus der Tabelle III hervorgeht, ist auch die Trockensubstanz des Blutes bei einigen Tieren nach der Bestrahlung tatsächlich vermindert. Wenn man jedoch diese Abnahme mit der Abnahme des Ca Spiegels vergleicht, so zeigt sich, daß der Kalkgehalt ganz erheblich stärker abgenommen hat, als der Abnahme der Trockensubstanz entspricht. Die Abnahme der Trockensubstanz ist also völlig unbedeutend; läßt sich doch bei einem Tier (XVII) sogar eine Zunahme der Trockensubstanz feststellen. Es geht also eindeutig aus diesen Versuchen hervor, daß die Veränderungen des Kalkspiegels im Blute nicht etwa durch Veränderungen des Trockengehaltes hervorgerufen sind, sondern daß diese Abweichungen von der Norm als eine Folge der Röntgenbestrahlungen angesehen werden können.

Es tritt nun die Frage auf, ob es sich bei diesen Abnahmen der Blutkalkwerte lediglich um eine Abwanderung von Calciumionen aus dem Blute ins Gewebe handelt, oder ob auch das Gewebe eine Verarmung an Mineralien erfährt und eine vermehrte Ausscheidung von Kalk durch den Stoffwechsel sich einstellt. Zu diesem Zwecke ist die Rückenhaut der Tiere vor und nach der Bestrahlung untersucht worden.

Den Tieren wurde vor und sofort nach der Bestrahlung ein Stück Fell excidiert, die Hautstücke wurden 3—4 Tage in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von 90° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach der vollständigen Enthaarung wurde das Fell nach der Methode von Neumann in einem Säuregemisch von konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure verascht, bis weder braune Dämpfe aufstiegen, noch bei längerem Erhitzen der Rückstand sich dunkler färbte. Dann wurde der Rückstand bis zur Trockene eingedampft, in konz. Salzsäure aufgelöst und in einem 25 ccm-Kölbchen mit Aqua redest. aufgefüllt. Von dieser Lösung wurden zu jeder Ca-bestimmung 2 ccm benutzt, die Salzsäure mit Ammoniak unter Hinzufügung eines Indikators neutralisiert, dann Essigsäure zugesetzt (da der Kalknachweis nur in schwach alkalischer oder schwach saurer Lösung gelingt). Der Nachweis des Calciums geschieht in der oben angegebenen Weise nach Kramer und Tisdall.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen in der Haut der Kaninchen zeigt Tabelle IV.

Wie aus dieser Tabelle deutlich zu ersehen ist, erfährt auch der Kalkgehalt der Haut bei den Kaninchen nach der Be-

strahlung eine beträchtliche Verminderung. Bei den mit 1000 R bestrahlten Tieren stellten wir eine Verminderung um 1,5 bzw. um 8,2 mg% fest, während die mit hohen Dosen bestrahlten Tiere Abnahmen um 42,8 mg% im Minimum und um 75,6 mg% im Maximum (bezogen auf das Trockengewicht) beobachten lassen, d. h. die Kalkwerte nehmen um 40,6% bzw. um 55,1% gegenüber dem Ausgangswert ab. Dabei ist zu bemerken, daß die weitere Steigerung der Röntgendosis keine gesteigerte Abnahme des Ca-Gehaltes mehr zur Folge hat. Die Tabelle IV zeigt, daß die mit 3000 R bestrahlten Kaninchen ebenso hohe Abnahmen der Kalkwerte in ihrem Blute erfahren, wie die mit 4000 und 5000 R bestrahlten Tiere. Dieser erhebliche Kalkverlust ist um so höher zu bewerten, als er sich in der kurzen Bestrahlungsdauer von 3—5 Stunden ereignet. Da nun sowohl das Blut als auch die Haut durch die Röntgenbestrahlungen eine Verminderung des Ca-Spiegels zeigen, so muß man annehmen, daß die ziemlich beträchtlichen Kalkmengen, die durch die Bestrahlungen aus dem Organismus verschwinden, wohl durch den Stoffwechsel ausgeschieden werden.

Um nun zu prüfen, ob die Versuchsergebnisse auch für die üblichen therapeutischen Dosen, wie sie an Kranken angewandt werden, zutreffen, haben wir bei bestrahlten Patientinnen Untersuchungen über den Kalkgehalt des Blutes angestellt. Es wurde unmittelbar vor und sofort nach der Bestrahlung eine Blutentnahme vorgenommen und der Ca-Spiegel im Blutserum nach der Methode von Kramer und Tisdall in der oben angegebenen Weise bestimmt. Es handelte sich um Frauen, die wegen Gebärmuttercarcinom sich einer Röntgenbestrahlung unterziehen mußten, teilweise um Kastrationsbestrahlungen. Die dabei verabfolgte Röntgendosis betrug 40—60% HED auf die Gebärmutter. In allen Fällen wurden 2 Einfallsfelder von 6×8 und 10×15 cm verwandt. Bei drei Kranken ist außerdem der Ca-Spiegel nach Radiumbestrahlungen untersucht worden; denn wir hatten die Beobachtung gemacht, daß gerade nach Radiumbestrahlungen stärkere Katererscheinungen auftraten. Die Dosis betrug jeweils 2400 mg Elementstunden, und zwar lag das Radium intrauterin. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigt Tabelle V.

Bei drei Patientinnen zeigen die Kalkwerte vor und nach der Bestrahlung keine Veränderungen. Im Blutserum der anderen 5 lassen sich zwar geringe Schwankungen der Calciumwerte feststellen, doch sind diese Differenzen derart gering (im

Maximum 0,34 mg% und im Minimum 0,17 mg%), daß sie durch die Fehlerquelle der Methodik voll und ganz erklärt sind (Tabelle V).

Auch die Änderungen der Trockensubstanz, die im Maximum 0,42% und im Minimum 0,01% betragen, liegen innerhalb der Schwankungsbreite der Methode. Anscheinend sind also die verwandten therapeutischen Dosen zu gering, um deutliche Ausschläge bei den Kalkwerten des Blutes hervorzurufen. Dagegen ist es sehr wohl möglich, daß in der bestrahlten Gewebspartie eine Änderung des Ca-Gehaltes stattgefunden hat; denn aus den oben angeführten Tierversuchen geht hervor, daß der Ca-Gehalt des Gewebes durch die Bestrahlung wesentlich stärker verändert wird als der Ca-Spiegel des Blutes.

Zusammenfassung.

Es werden Ca-Bestimmungen im Blutserum von röntgenbestrahlten Kaninchen vorgenommen, und zwar nach einer Bestrahlung von 1000 R.

Bei vier Tieren ergibt sich dabei eine geringe Abnahme des Kalkwertes, während bei einem Tiere eine geringe Zunahme zu verzeichnen ist. Im Laufe der nächsten fünf Tage steigen die Werte des Ca-Spiegels allmählich wieder an, so daß der Ausgangswert annähernd wieder erreicht ist.

Kontrollversuche haben gezeigt, daß die Abnahme des Calziums nicht durch eine Wasseranreicherung hervorgerufen worden sein kann. — Bei den Tieren, die mit einer Röntgendosis von 3000, 4000 und 5000 R bestrahlt worden sind, zeigt sich eine beträchtliche Abnahme des Ca-Spiegels im Blutserum bis zu 34,4% gegenüber dem Ausgangswert.

Auch die hierbei unternommenen Kontrollversuche ergeben, daß zwar eine geringe Verminderung der Trockensubstanz durch die Bestrahlung stattfindet, die aber im Verhältnis zur Abnahme des Kalkgehaltes sehr gering ist.

Die Untersuchungen in der bestrahlten Haut der Tiere zeigen eine noch stärkere Abnahme des Kalkgehaltes, als es im Blutserum der Fall war. Die Abnahme betrug bis zu 75,6 mg% gegenüber dem Ausgangswert, das ist eine Abnahme von 57,2%.

Die Untersuchungen des Ca-Spiegels bei mit Röntgen und Radium bestrahlten Kranken ergeben bei den üblichen therapeutischen Dosen keine bemerkenswerten Abweichungen von der Norm.

LITERATURVERZEICHNIS.

1.) Andersen und Kohlmann: Röntgenstrahlen und Mineralstoffwechsel. Verhandlung der deutschen Röntgengesellschaft Bd. 13, Jahrg. 1922, S. 102 bis 105.
2.) Benassi: Röntgenbestrahlung der Milzgegend und Kalkstoffwechsel (spanisch) Zentralblatt für die gesamte Radiologie 1931 Band 9 Seite 521.
3.) Kroetz: Zur Biochemie der Strahlenwirkungen. Biochem. Zeitschrift Bd. 151, Seite 449 (1924).
4.) Kroetz: Mineralstoffwechsel bei Entzündung und Eiweißzerfall. Medizinische Welt 1930, Nr. 40.
5.) Lieber: Physikalisch-chemische Wirkung der Röntgenstrahlen im Organismus. Strahlentherapie 20, 1925, Seite 93.
6.) Schlagintweit und Sielmann: Untersuchungen über den Röntgenkater. Klinische Wochenschrift 1922 Nr. 43, Seite 2136.

LEBENSLAUF.

Ich bin am 1. August 1908 zu Bochum-Gerthe als Sohn des Heinrich Wiederhold und seiner Ehefrau Charlotte geb. Samsel geboren. In Bochum besuchte ich die Goethe-Oberrealschule, wo ich Ostern 1927 die Reifeprüfung bestand. Mein medizinisches Studium begann ich an der Universität in Marburg, ging dann nach Münster i. W., wo ich am 19. Dezember 1932 mein medizinisches Staatsexamen mit dem Prädikat „Sehr gut" bestand.

Als Medizinal-Praktikant war ich 5 Monate an der Universitäts-Frauenklinik zu Münster i. W. (Direktor Prof. Dr. Esch) und 4 Monate an den städtischen Krankenanstalten in Bielefeld (Direktor Prof. Dr. Momburg) tätig.

Im Oktober 1933 trat ich dann in die militär-ärztliche Laufbahn ein, erhielt meine 6-monatliche militärische Ausbildung in Berlin und bin nunmehr als Unterarzt am Standortlazarett zu Hannover tätig, wo ich die restlichen 3 Monate meines praktischen Jahres zu absolvieren gedenke.

Otto Wiederhold.

Tabelle Ia.

Der Calciumspiegel des Blutserums bei Kaninchen nach einer Röntgenbestrahlung mit 1000 R.

		Vor der Bestrahlg.	sofort nach Bestr.	nach 12 Std.	nach 1 Tg.	nach 2 Tg.	nach 3 Tg.	nach 4 Tg.	nach 5 Tg.
K I	Ca-Gehalt mg %	14,28	13,76	14,28		15,98		13,27	
K II	Ca-Gehalt mg %	14,35	13,98	12,46		12,46		13,68	
K III	Ca-Gehalt mg %	14,40	13,71	12,64		13,22		12,43	
K IV	Ca-Gehalt mg %	13,43	13,76		15,64		15,91		15,12
K V	Ca-Gehalt mg %	13,98	13,52		12,82		12,82		12,96

Tabelle Ib.

Die Veränderung des Calciumspiegels im Blutserum gegenüber dem Ausgangswert im mg%.

	sofort nach Bestrahlg.	nach 12 Std.	nach 1 Tg.	nach 2 Tg.	nach 3 Tg.	nach 4 Tg.	nach 5 Tg.
K I	— 0,5	+ 0		+ 1,7		— 1,0	
K II	— 0,6	— 1,9		- 1,9		— 0,8	
K III	— 0,7	— 1,8		— 1,2		— 2,0	
K IV	+ 0,3		+ 2,2		+ 2,5		+ 2,1
K V	— 0,5		— 1,1		— 1,1		— 0,9

Tabelle Ic.

Um wieviel Prozent hat sich der Calciumspiegel des Blutserums gegenüber dem Ausgangswert geändert?

	sofort nach Bestrahlg.	nach 12 Std.	nach 1 Tg.	nach 2 Tg.	nach 3 Tg.	nach 4 Tg.	nach 5 Tg.
K I	— 3,4 %	± 0 %		+11,8 %		+ 7 %	
K II	— 4,1 %	—13,2 %		—13,2 %		— 5,5 %	
K III	— 4,8 %	- 12,5 %		— 8,3 %		—13,8 %	
K IV	+ 2,2 %		+16,3 %		-- 18,6 %		+15,6 %
K V	— 3,5 %		— 7,7 %		— 7,7 %		— 6,4 %

Tabelle IIa.

Der Calciumspiegel im Blutserum bei den unbestrahlten Tieren.

	Vor der Bestrahlg.	sofort nach Bestr.	nach 12 Std.	nach 1 Tg.	nach 2 Tg.	nach 3 Tg.	nach 4 Tg.	nach 5 Tg.
K VIII	14,11	13,94				13,60		
K IX	13,94	13,61	13,78		14,11		13,44	

Tabelle IIb.

Untersuchung der Trockensubstanzen.

	Dosis	Vor der Bestr.	sofort nach Bestr.	nach 2 Tg.	nach 4 Tg.	
K III	1000 R.	7,40 %	7,45 %	7,42 %	7,45 %	
K V		7,12 %	7,17 %			

Tabelle III.

Die Änderungen der Trockensubstanzen und des Kalkgehaltes des Blutserums bei den mit höheren Dosen bestrahlten Tieren.

	Dosis		Vor der Bestrahlg.	sofort nach der Bestrahlg.	Differenz	Änderungen der Werte angegeben in Prozent. des Ausgangswertes:
K X	3000 Rö.	Ca-Gehalt mg %	14,96	12,92	−2,04	−13,60 %
		Trocken-Substanz	7,69 %	7,53 %	−0,16 %	− 2,8 %
K XI		Ca-Gehalt mg %	13,60	11,22	−2,38	−17,5 %
		Trocken-Substanz	7,87 %	7,45 %	−0,42 %	− 5,5 %
K XII	4000 Rö.	Ca-Gehalt mg %	14,44	10,82	−3,62	−25,0 %
K XIII		Ca-Gehalt mg %	14,11	9,51	−4,60	−32,60 %
K XVI		Ca-Gehalt mg %	14,62	12,62	−2,0	−13,60 %
K XIV	5000 Rö.	Ca-Gehalt mg %	14,44	9,46	−4,98	−34,4 %
		Trocken-Substanz	7,65 %	7,05 %	−0,60 %	− 7,8 %
K XV		Ca-Gehalt mg %	13,22	11,87	−1,35	10,2 %
		Trocken-Substanz	7,14 %	6,70 %	−0,44 %	− 6,1 %
K XVII		Ca-Gehalt mg %	14,62	11.95	−2,67	−18,2 %
		Trocken-Substanz	6,36 %	6,97 %	+0,61 %	+ 9,5 %

Tabelle IV.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Calciumspiegels in der Haut der mit verschiedenen Dosen bestrahlten Kaninchen und der unbestrahlten Kontrolltiere.

	Dosis	Vor der Bestrahlg.	sofort nach der Bestrahlg.	Differenz	Änderung des Calciumspiegels in der Haut in Proz. bezogen auf den Ausgangswert.
K V	1000 R	101,1	99,6	— 1,5	— 1,4 %
K VII		138,0	129,8	— 8,2	— 6,2 %
K XI	3000 R	137,1	61,5	— 75,6	—55,1 %
K XVI	4000 R	120,0	57,4	— 62,6	—52,3 %
K XIV	5000 R	107,0	57,4	— 49,6	—46,3 %
K XV		107,0	45,7	— 61,3	— 57,2 %
K XVII		105,3	62,5	—42,8	—40,6 %
K VIII	nicht bestr.	117,6	115,9	— 1,7	— 1,4 %
K IX		125,0	126,0	+ 1,0	— 0,8 %

Tabelle V.

Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen bei den mit Röntgen und Radium bestrahlten Patientinnen vor und sofort nach der Bestrahlung.

	Vor der Bestrahlg.	Nach der Bestrahlg.	Differenz	Die Differenz beträgt gegenüber d. Ausgangswert in Prozenten:	Diagnose:
Ca-Gehalt mg %	10,96	10,96	±0	±0%	Ca Coli Röntgen bestr. (60% HED auf den Tumor)
Trocken-Substanz	9,49 %	9,57 %	+0,08%	+0,8 %	
Ca-Gehalt mg %	9,69	9,69	±0	±0%	" " "
Trocken-Substanz	8,99 %	9,06 %	+0,07%	+0,7 %	
Ca-Gehalt mg %	9,52	9,69	+0,17	+1,5 %	" " "
Trocken-Substanz	9,79 %	9,52 %	−0,27%	−2,5 %	
Ca-Gehalt mg %	9,86	9,69	−0,17	−1,7 %	Klimakterische Blutungen (40 % HED auf die Ovarien.)
Trocken-Substanz	8,10 %	8,09 %	−0,01%	−0,8 %	
Ca-Gehalt mg %	10,54	10,88	+0,34	+3,4 %	Ca Rezidiv Röntgenbestrahlung (60 % HED auf den Tumor)
Trocken-Substanz	8,95 %	8,99 %	+0,04%	+0,4 %	
Ca-Gehalt mg %	11,42	11,09	−0,33	−2,8 %	Ca Colli (Radiumbestrahlung 2400 mgElementstund.)
Trocken-Substanz	8,78 %	8,36 %	−0,42	−4,7 %	
Ca-Gehalt mg %	11,59	11,59	±0	±0%	" " "
Trocken-Substanz	9,11 %	9,16 %	+0,05%	+0,5 %	
Ca-Gehalt mg %	10,54	10,71	+0,17	+1,6 %	" " "
Trocken-Substanz	—	—	—	—	